

## BAB V

### ANALISIS DAN PERHITUNGAN *RIGID PAVEMENT* DENGAN DAN TANPA SERAT *POLYPROPYLENE* BERDASARKAN UJI LABORATORIUM

#### 5.1. Besaran Rencana Perkerasan Kaku

##### 5.1.1. Umur Rencana

Pada umumnya umur rencana (n) perkerasan kaku adalah 20 sampai dengan 40 tahun. Dalam analisis ini digunakan umur rencana 20 tahun.

##### 5.1.2. Lalu Lintas Rencana

Berdasarkan data lalu lintas yang diperoleh dari Dinas Bina Marga Propinsi Jawa Tengah, diperoleh:

**Tabel 5.1.** Data Lalu Lintas Harian Rata-rata Ruas Jalan Godong-Purwodadi (kend/hari)

No	Tahun	Jenis / Golongan Kendaraan											
		1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8
1	1999	3739	1038	844	1031	121	400	99	66	21	13	13	1980
2	2001	3930	1091	887	1084	127	420	104	69	22	14	14	2081
3	2002	4675	1716	1100	856	483	368	1090	1090	255	0	0	1326
4	2005	1763	2019	1403	735	951	1082	2164	2776	334	5	14	2388

Sumber : Dinas Bina Marga Jawa Tengah

Keterangan:

1. Sepeda motor, sekuter, kendaraan roda tiga
2. Sedan, jip, station wagon (2 ton)
3. Opelet, combi, minibus (2 ton)
4. Pickup, microtruck, mobil hantaran (2 ton)
- 5.a. Bus kecil (5 ton)
- 5.b. Bus besar (8 ton)
- 6.a. Truk ringan 2 sumbu (10 ton)
- 6.b. Truk sedang 2 sumbu (13 ton)
- 7.a. Truk 3 sumbu (20 ton)
- 7.b. Truk gandeng (25 ton)
- 7.c. Truk semi trailer (30 ton)
8. Kendaraan tidak bermotor

Untuk memperoleh nilai tingkat pertumbuhan lalu lintas, data lalu lintas tiap jenis kendaraan harus dikalikan suatu faktor ekivalensi mobil penumpang (emp) terlebih dahulu. Besarnya nilai emp tergantung pada besarnya Volume Jam Perencanaan (VJP), yaitu:

## LAPORAN TUGAS AKHIR

**Tabel 5.2.** Nilai emp, 2/2 UD, datar

VJP kend/jam	MC	MHV	LB	LT
0	0,6	1,2	1,2	1,8
800	0,9	1,8	1,8	2,7
1350	0,7	1,5	1,6	2,5
1900	0,5	1,3	1,5	2,5

Sumber: MKJI

Untuk harga VJP di antara harga tersebut di atas digunakan interpolasi.

Nilai VJP diperoleh dengan mengalikan jumlah LHR dengan suatu faktor LHR (k). Berdasarkan MKJI, apabila tidak ada data lalu lintas tiap jam dapat diambil nilai k normal yaitu 0,11 (11% ).

Nilai LHR dalam smp/hari diperoleh dengan mengalikan LHR (kend/hari) dengan faktor emp yang besarnya:

$$\text{Faktor emp} = (\%MC * \text{empMC}) + (\%LV * \text{empLV}) + (\%MHV * \text{empMHV}) + (\%LB * \text{empLB}) + (\%LT * \text{empLT})$$

Sumber: MKJI

Untuk perhitungan LHR selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.3.

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**MUHAMMAD NUR AZIZ (L2A001106)**  
**NURHAYATI JUNAEDI (L2A001114)**

**ANALISIS PENAMBAHAN SERAT *POLYPROPYLENE***  
**PADA *RIGID PAVEMENT***

Nilai tingkat pertumbuhan lalu lintas dapat dihitung dengan metode analisis regresi linier (Tabel 5.4.).

**Tabel 5.4.** Analisis Regresi Linier Data LHR

No.	Tahun	Unit Tahun (Xi)	LHR (smp/hari) (Yi)	Xi <sup>2</sup>	Yi <sup>2</sup>	XiYi
1	1999	1	8269,28	1	68381000,19	8269,28
2	2001	3	8623,88	9	74371277,18	25871,63
3	2002	4	16167,83	16	261398837,89	64671,33
4	2005	7	22576,47	49	509697060,90	158035,30
$\Sigma$		<b>15</b>	<b>55637,46</b>	<b>75</b>	<b>913848176,16</b>	<b>256847,55</b>

$$Y = a + bX$$

$$a = \frac{(\sum Yi * \sum Xi^2 - \sum Xi * \sum XiYi)}{(n * \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2)}$$

$$a = \frac{(55637,46 * 75 - 15 * 256847,55)}{(4 * 75 - 15^2)}$$

$$a = 4267,95$$

$$b = \frac{(n * \sum XiYi - \sum Xi * \sum Yi)}{(n * \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2)}$$

$$b = \frac{(4 * 256847,55 - 15 * 55637,46)}{(4 * 75 - 15^2)}$$

$$b = 2571,04$$

sehingga

$$Y = 4267,95 + 2571,04 X$$

Tingkat pertumbuhan lalu lintas (Tabel 5.5.):

$$i = \frac{(LHR_{i+1} - LHR_i)}{LHR_i} * 100\%$$

Tingkat pertumbuhan lalu lintas rata-rata:

$$i_n = (\sum i_i) / n$$

**Tabel 5.5.** Tingkat Pertumbuhan Lalu Lintas

Tahun	Unit Tahun	LHR (smp/hari)	i (%)
2006	8	24836,27	10,35
2007	9	27407,31	
2008	10	29978,35	9,38
2009	11	32549,39	8,58
2010	12	35120,43	7,90
2011	13	37691,47	7,32
2012	14	40262,51	6,82
2013	15	42833,55	6,39
2014	16	45404,59	6,00
2015	17	47975,63	5,66
2016	18	50546,67	5,36
2017	19	53117,71	5,09
2018	20	55688,75	4,84
2019	21	58259,79	4,62
2020	22	60830,83	4,41
2021	23	63401,87	4,23
2022	24	65972,91	4,06
2023	25	68543,95	3,90
2024	26	71114,99	3,75
2025	27	73686,03	3,62
2026	28	76257,07	3,49
			115,75

$$i_{rt} = (115,75) / 20 = 5,79\%$$

Jadi, tingkat pertumbuhan lalu lintas rata-rata = 5,79%

### 5.1.3. Kekuatan Tanah Dasar

Kekuatan tanah dasar dinyatakan dalam modulus reaksi tanah dasar ( $k$ ). Nilai  $k$  dapat diperoleh dari hasil korelasi dengan CBR. Nilai CBR rendaman yang digunakan untuk perencanaan dapat diperoleh dengan menggunakan rumus yang diambil dari NAASRA (*National Association of Australian State Road Authority*) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{a. } \log C_s &= 1,7 - 0,005 P_{0,425} + 0,002 P_{0,075} \\ &\quad - L (0,02 + 0,0004 P_{0,075}) \\ \text{b. } \log C_s &= 1,9 - 0,004 P_{2,36} - 0,005 P_{0,425} \\ &\quad + \frac{P_{0,075}}{P_{0,425}} \left[ 5,20 - 0,50 \frac{P_{0,075}}{P_{0,425}} \right] 10^{-3} - 0,01 I \end{aligned}$$

Sumber: Materi Kuliah Mekanika Tanah I

Dari data *soil properties* didapat:

$$\begin{aligned} P_{2,36} &= 100\% \\ P_{0,425} &= 98\% \\ P_{0,075} &= 89\% \\ L &= 10,62\% \\ I &= 46,78\% \end{aligned}$$

Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil UNDIP

Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{a. } \log C_s &= 1,7 - 0,005 * 98 + 0,002 * 89 \\ &\quad - 10,62 (0,02 + 0,0004 * 89) \\ &= 0,798 \\ C_s &= 6,28\% \\ \text{b. } \log C_s &= 1,9 - 0,004 * 100 - 0,005 * 98 \\ &\quad + \frac{89}{98} \left[ 5,20 - 0,50 \frac{89}{98} \right] 10^{-3} - 0,01 46,78 \\ &= 0,547 \\ C_s &= 3,52\% \end{aligned}$$

Dari kedua hasil tersebut dapat diperoleh CBR tanah dasar yang akan digunakan untuk perencanaan dengan persamaan sebagai berikut :

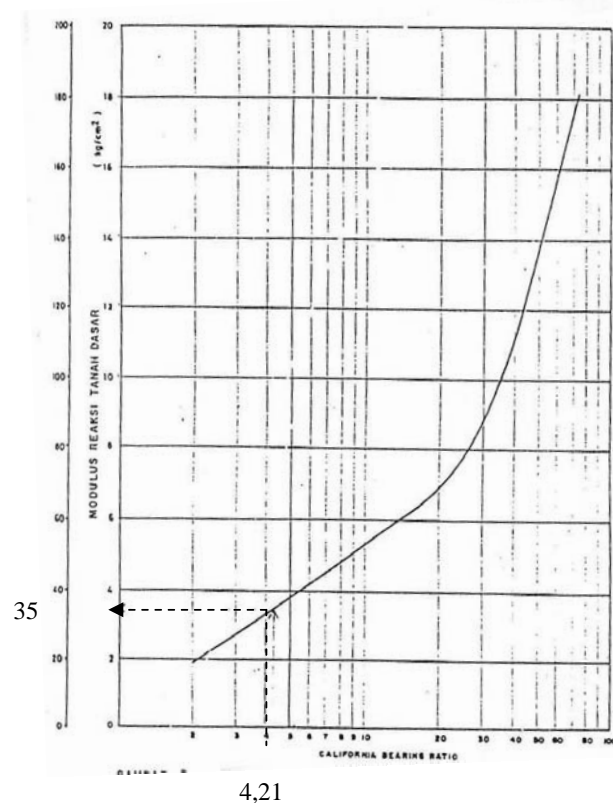
$$C_{ss} = 0,25 (3C_{smin} + C_{smaks})$$

$$C_{ss} = 0,25 (3 * 3,52 + 6,28)$$

$$C_{ss} = 4,21\%$$

Jadi,  $CBR_{design} = 4,21\%$ .

Dari grafik korelasi hubungan antara nilai modulus reaksi tanah dasar (k) dan CBR, diperoleh nilai modulus reaksi tanah dasar  $k = 35 \text{ kPa/mm} = 3,5 \text{ kg/cm}^3$ .



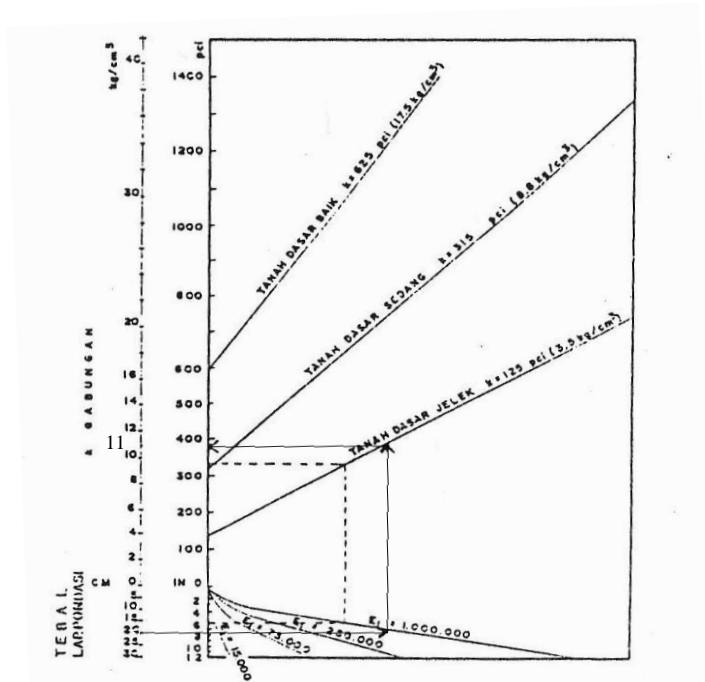
Sumber : DPU, Petunjuk Perencanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen), 1985

**Grafik 5.1.** Penentuan Nilai Modulus Reaksi Tanah Dasar

Dalam analisis ini direncanakan menggunakan lapis pondasi distabilisasi semen (*cement treated subbase, CTSB*) dengan nilai modulus elastisitas 1000000  $\text{psi} = 70420 \text{ kg/cm}^2$  setebal 20 cm.

## LAPORAN TUGAS AKHIR

Dari grafik penentuan modulus reaksi gabungan (Grafik 5.2.) diperoleh nilai  $k$  gabungan = 11  $\text{kg/cm}^3$ .



Sumber : DPU, Petunjuk Perencanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen), 1985

**Grafik 5.2.** Penentuan Nilai Modulus Reaksi Gabungan

#### 5.1.4. Mutu Beton Rencana

Berdasarkan Pedoman Perencanaan Perkerasan Kaku, kuat tarik lentur beton disarankan 40  $\text{kg/cm}^2$  (dalam keadaan memaksa dapat digunakan kuat tarik lentur 30  $\text{kg/cm}^2$ ). Dengan persamaan hubungan kuat tarik dan kuat tekan

$$MR = FS = 0,6\sqrt{f'_c} \quad (\text{MPa})$$

$$4 = 0,6\sqrt{f'_c}$$

Didapat  $f'_c = 44,44 \text{ MPa} = 444,4 \text{ kg/cm}^2$

Dalam analisis ini direncanakan digunakan mutu beton K-500.

Berdasarkan hasil uji laboratorium, didapat data kuat tarik belah untuk beton normal = 40,407  $\text{kg/cm}^2$  (4,04 MPa), sedangkan kuat tarik belah untuk beton serat = 42,401  $\text{kg/cm}^2$  (4,24 MPa).

#### LAPORAN TUGAS AKHIR



### 5.2. Perencanaan Tebal Pelat Perkerasan Kaku

Dalam perencanaan tebal pelat perkerasan kaku, perhitungan jumlah sumbu kendaraan niaga harian (JSKNH), jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) dan jumlah repetisi beban untuk beton serat sama dengan perhitungan untuk beton normal.

Jumlah sumbu kendaraan niaga harian (JSKNH) diperoleh dengan mengalikan jumlah kendaraan dengan jumlah sumbu kendaraan, contoh:

- Jenis kendaraan : bus besar (3+5) → 2 sumbu  
 Jumlah kendaraan = 1082,48  
 JSKNH =  $2 \times 1.082,48 = 2.164,96$
- Jenis kendaraan : truk semi trailer (6+7.7+5+5) → 4 sumbu  
 Jumlah kendaraan = 13,77  
 JSKNH =  $4 \times 13,77 = 55,08$

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Nilai faktor pertumbuhan dapat diperoleh dengan persamaan

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{e^{\log(1+i)}} \quad \text{Dimana : } n = 20 \text{ tahun dan } i = 5,79\%$$

Sehingga diperoleh  $R = 37$

Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) diperoleh dengan mengalikan JSKNH dengan 365 dan R, contoh:

$$\begin{aligned} \text{Jenis kendaraan} &: \text{bus besar (3+5)} \\ \text{JSKNH} &= 2.164,96 \\ \text{JSKN} &= 2.164,96 \times 365 \times 37 = 29.235.661 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Nilai koefisien distribusi lalu lintas untuk jalan 2 lajur 2 arah  $C_d = 0,5$

Jumlah repetisi beban = % konfigurasi sumbu x  $C_d$  x JSKN, contoh :

$$\begin{aligned} \text{beban sumbu 3 ton, konfigurasi STRT, \% konfigurasi sumbu} &= 8,47 \%, \\ C_d &= 0,5, \text{ JSKN} = 29.235.661, \\ \text{maka jumlah repetisi beban} &= 8,47\% \times 0,5 \times 29.235.661 = 1,24 \times 10^6 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Adapun gambaran tentang konfigurasi sumbu kendaraan niaga dapat dilihat pada Gambar 5.1.

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**MUHAMMAD NUR AZIZ (L2A001106)**  
**NURHAYATI JUNAEDI (L2A001114)**

**ANALISIS PENAMBAHAN SERAT *POLYPROPYLENE***  
***PADA RIGID PAVEMENT***

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**MUHAMMAD NUR AZIZ (L2A001106)**  
**NURHAYATI JUNAEDI (L2A001114)**

**ANALISIS PENAMBAHAN SERAT *POLYPROPYLENE***  
***PADA RIGID PAVEMENT***

**5.2.1. Perencanaan Tebal Pelat Beton Normal (Tanpa Serat)**

Dalam perencanaan tebal pelat beton tanpa serat, digunakan data sebagai berikut:

- $k = 110 \text{ kPa/mm}$  (dari grafik 5.2)
- $MR = 4,04 \text{ MPa}$  (dari hasil uji laboratorium)

Tebal minimum pelat = 150 mm, dicoba dengan tebal pelat awal = 150 mm.

Untuk perhitungan iterasi selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.9, 5.10 dan 5.11.

**5.2.2. Perencanaan Tebal Pelat Beton Dengan Serat *Polypropylene***

Dalam perencanaan tebal pelat beton dengan serat, digunakan data sebagai berikut:

- $k = 110 \text{ kPa/mm}$  (dari grafik 5.2)
- $MR = 4,24 \text{ MPa}$  (dari hasil uji laboratorium)

Tebal minimum pelat = 150 mm, dicoba dengan tebal pelat awal = 150 mm.

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan 5.13.

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**MUHAMMAD NUR AZIZ (L2A001106)**  
**NURHAYATI JUNAEDI (L2A001114)**

**ANALISIS PENAMBAHAN SERAT *POLYPROPYLENE***  
**PADA *RIGID PAVEMENT***

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**MUHAMMAD NUR AZIZ (L2A001106)**  
**NURHAYATI JUNAEDI (L2A001114)**

**ANALISIS PENAMBAHAN SERAT *POLYPROPYLENE***  
***PADA RIGID PAVEMENT***

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**MUHAMMAD NUR AZIZ (L2A001106)**  
**NURHAYATI JUNAEDI (L2A001114)**

**ANALISIS PENAMBAHAN SERAT *POLYPROPYLENE***  
**PADA *RIGID PAVEMENT***

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**MUHAMMAD NUR AZIZ (L2A001106)**  
**NURHAYATI JUNAEDI (L2A001114)**

**ANALISIS PENAMBAHAN SERAT *POLYPROPYLENE***  
**PADA *RIGID PAVEMENT***



**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**MUHAMMAD NUR AZIZ (L2A001106)**  
**NURHAYATI JUNAEDI (L2A001114)**

**ANALISIS PENAMBAHAN SERAT *POLYPROPYLENE***  
***PADA RIGID PAVEMENT***

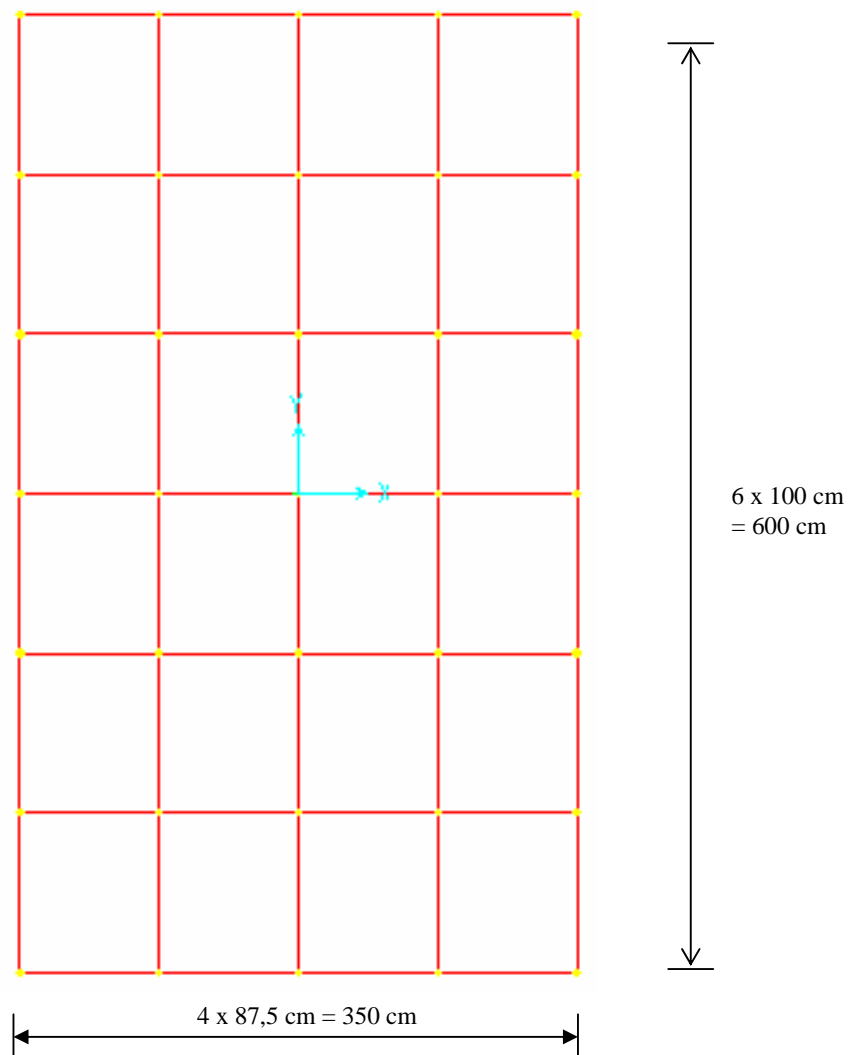
### 5.3. Analisis Kekuatan Pelat Perkerasan Kaku Dengan Program Komputer (SAP 2000)

#### 5.3.1. Pemodelan Struktur

Dalam analisis kekuatan pelat perkerasan kaku dengan program komputer ini, digunakan pemodelan struktur pelat dengan panjang dan lebar sesuai dengan kondisi di lapangan yaitu 3,5 m x 6,0 m.

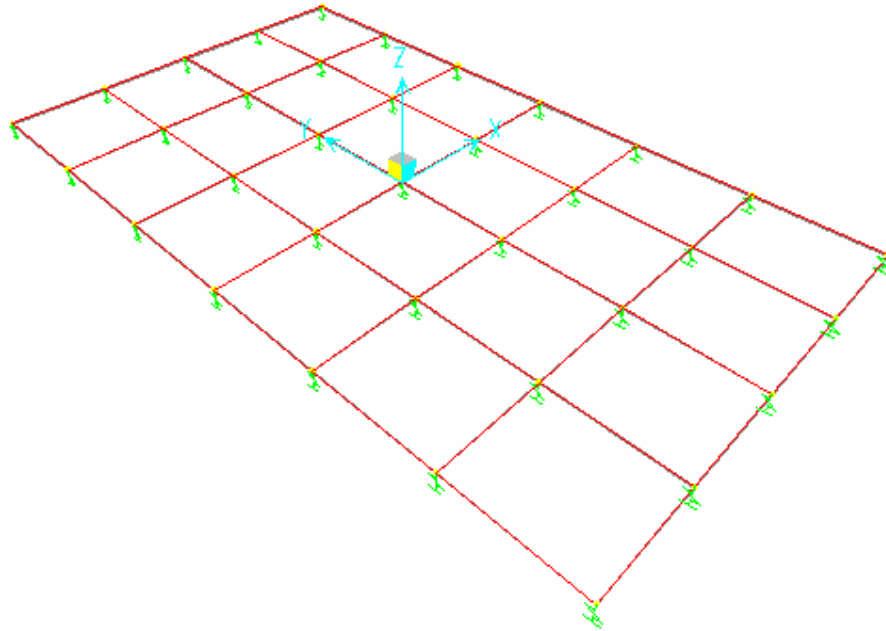


**Gambar 5.2.** Model Struktur Perkerasan Kaku



**Gambar 5.3.** Diskritisasi Pelat Perkerasan Kaku

### LAPORAN TUGAS AKHIR



**Gambar 5.4.** Perspektif Pelat Perkerasan Kaku

Pelat perkerasan kaku berukuran 3,5 m x 6,0 m didiskritisasi tiap 87,5 cm x 100 cm untuk mempermudah dalam memodelkan pembebanan empat beban truk T = 10 ton .

Tumpuan struktur pelat perkerasan kaku berupa *spring* dengan nilai modulus reaksi tanah dasar sebesar  $k_{sv} = 110 \text{ kPa/mm} = 11 \text{ kg/cm}^3$ . Besar konstanta pegas ( $k_v$ ) untuk tiap *joint* berbeda-beda sesuai dengan luasan pelat yang ditumpu, yaitu:

$$k_v \text{ tengah} = (11 \text{ kg/cm}^3) * (87,5 \text{ cm} * 100 \text{ cm}) = 96.250,0 \text{ kg/cm}$$

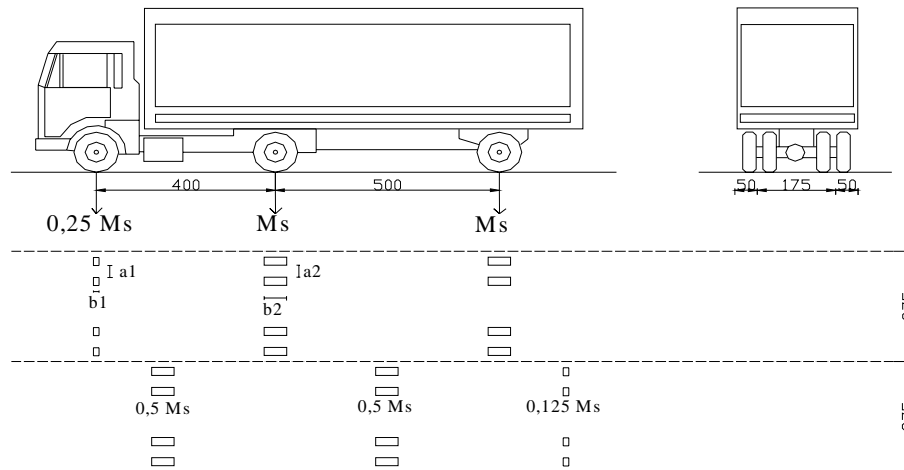
$$k_v \text{ pinggir} = 0,50 * 24.062,500 \text{ kg/cm} = 48.125,0 \text{ kg/cm}$$

$$k_v \text{ ujung} = 0,25 * 24.062,500 \text{ kg/cm} = 24.062,5 \text{ kg/cm}$$

### 5.3.2. Pemodelan Pembebanan

Dalam analisis penambahan serat *polypropylene* pada *rigid pavement* ini digunakan 2 pemodelan pembebanan, yaitu:

- konfigurasi empat beban truk T = 10 ton
- satu beban truk T = 10 ton di tengah pelat



$$a1 = a2 = 30,00 \text{ cm}$$

$$b1 = 12,50 \text{ cm}$$

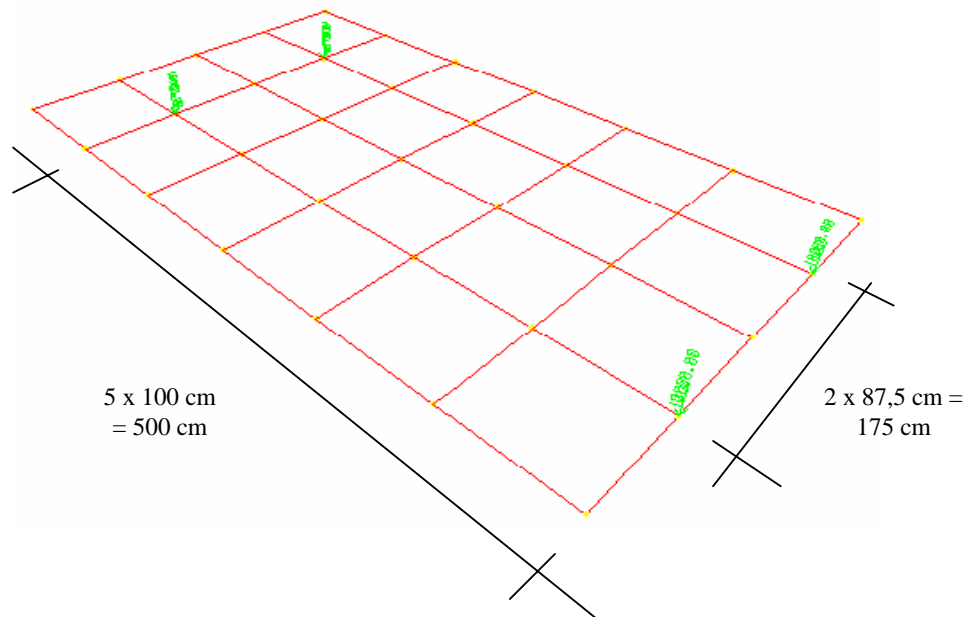
$$b2 = 50,00 \text{ cm}$$

$$Ms = \text{Muatan rencana sumbu} = 20 \text{ ton}$$

$$T = 0,5 Ms = 10 \text{ ton}$$

Sumber : PPJJR, SKBI – 1.3.28.1987

**Gambar 5.5. Beban T**

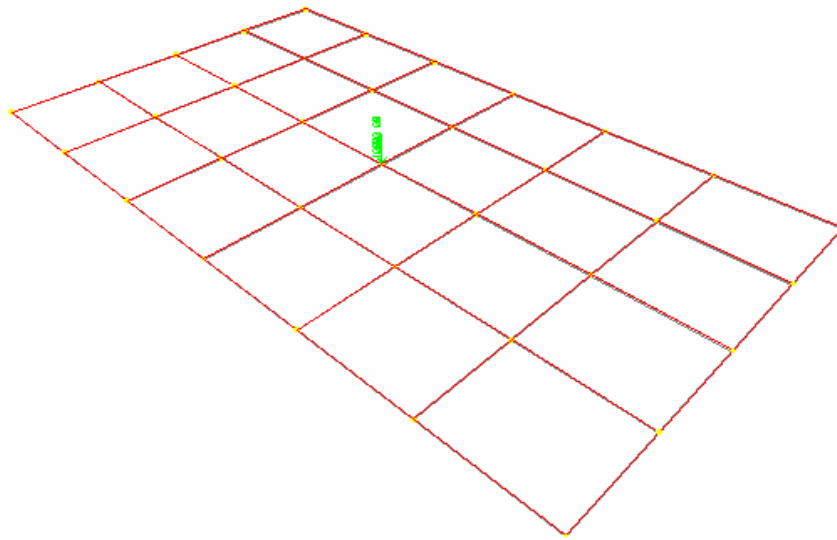


**Gambar 5.6. Pemodelan Pembebanan Konfigurasi Empat Beban T = 10 ton**

## LAPORAN TUGAS AKHIR

MUHAMMAD NUR AZIZ (L2A001106)  
NURHAYATI JUNAEDI (L2A001114)

ANALISIS PENAMBAHAN SERAT POLYPROPYLENE  
PADA RIGID PAVEMENT



**Gambar 5.7.** Pemodelan Pembebanan Beban  $T = 10$  ton di tengah pelat

### 5.3.3. Penyelesaian

Dalam penyelesaian analisis penambahan serat polypropylene pada rigid pavement ini digunakan program komputer SAP 2000 Nonlinear V.7. Adapun langkah-langkah penyelesaiannya adalah sebagai berikut:

#### 5.3.3.1. Beton Normal

1. Menentukan sistem satuan : kgf-cm
2. Menyusun konfigurasi pelat :

Pilih menu File, New Model, pada kotak Coordinate System Definition masukkan data:

- |   |                       |
|---|-----------------------|
| <input type="checkbox"/> Number of Grid Space | : X direction = 8     |
|   | : Y direction = 12    |
|   | : Z direction = 0     |
| <input type="checkbox"/> Grid Spacing         | : X direction = 43,75 |
|   | : Y direction = 50    |
|   | : Z direction = 1     |

Klik OK.

Pilih menu Draw, Quick Draw Shell Element, klik satu per satu elemen shell yang berada di antara persilangan grid arah X dan Y.

## LAPORAN TUGAS AKHIR

**3. Mendefinisikan tumpuan pelat :**

Klik joint-joint tengah dari pelat. Pilih menu Assign, Joint, Springs. Pada kotak Joint Springs masukkan data:

☐ Joint tengah : Translation 3 = 96.250,0

Klik joint-joint tepi dari pelat. Pilih menu Assign, Joint, Springs. Pada kotak Joint Springs masukkan data:

☐ Joint pinggir : Translation 3 = 48.125,0

Klik joint-joint ujung dari pelat. Pilih menu Assign, Joint, Springs. Pada kotak Joint Springs masukkan data:

☐ Joint ujung : Translation 3 = 24.062,5

**4. Mendefinisikan karakteristik material :**

Pilih menu Define, Material (CONC), klik Modify / Show Material. Pada kotak Material Property Data, masukkan data:

☐ Weight per Unit Volume : 2.44E-3

☐ Modulus of Elasticity : 333228.190

☐ Poisson's Ratio : 0.2

☐ Concrete Strength : 502.676

Klik OK.

**5. Mendefinisikan kasus beban :**

Pilih menu Define, Static Load Case. Pada kotak Define Static Load Case Name, masukkan data :

Load	Type	Self Weight Multiplier
LOAD1	DEAD	1
LOAD2	LIVE	0

Untuk pemodelan pembebanan konfigurasi empat beban  $T = 10$  ton, klik joint-joint sebagaimana terdapat pada gambar 5.6. Pilih menu Assign, Joint Static Loads, Forces. Pada kotak Joint Forces, masukkan data :

☐ Load Case Name : LOAD2

☐ Force GlobalZ = -10000

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Untuk pemodelan pembebanan satu beban  $T = 10$  ton di tengah pelat, klik joint tengah sebagaimana terdapat pada gambar 5.7. Pilih menu Assign, Joint Static Loads, Forces. Pada kotak Joint Forces, masukkan data :

- ☐ Load Case Name : LOAD2
- ☐ Force GlobalZ = -10000

#### 6. Mendefinisikan kombinasi pembebanan :

Pilih menu Define, Load Combination. Pada kotak Define Load Combination klik Add New Combo. Pada kotak Load Combination Data, masukkan data :

- ☐ Load Combination Name : COMB1
- ☐ Define Combination : 

Case Name	Scale Factor
LOAD1 Load Case	1
LOAD2 Load Case	1

Klik OK.

#### 7. Mendefinisikan dimensi pelat :

Pilih menu Define, Shell Sections (SSEC1), klik Modify / Show Section. Pada kotak Shell Sections, masukkan data:

- ☐ Section Name : PELAT
- ☐ Material Name : CONC
- ☐ Material Angle : 0
- ☐ Thickness : Membrane = (coba-coba)
- ☐ : Bending = (coba-coba)
- ☐ Type : Thickplate
- Plate

#### 8. Melakukan analisis struktur :

Pilih menu Analyse, Set Options. Pada kotak Analysis Options (Fast DOFs) pilih Plane Grid (XY Plane), klik OK. Pilih menu Analyse kemudian Run.

**9. Menampilkan kontur tegangan permukaan bawah pelat :**

Pilih menu Display, Show Element Forces / Stress, Shell. Pada kotak Element Forces / Stress Contour for Shells masukkan data :

- ☐ Load : COMBO1 Combo
- ☐ Klik Stress
- ☐ Klik SMAX

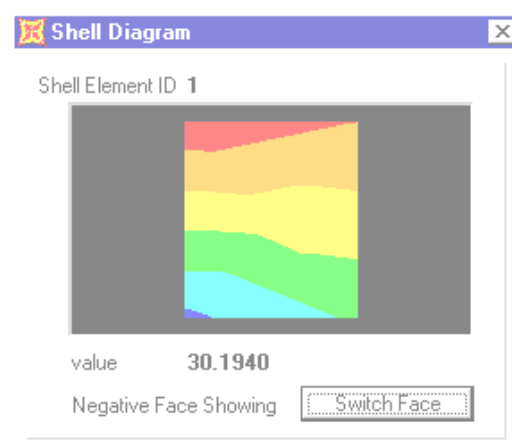
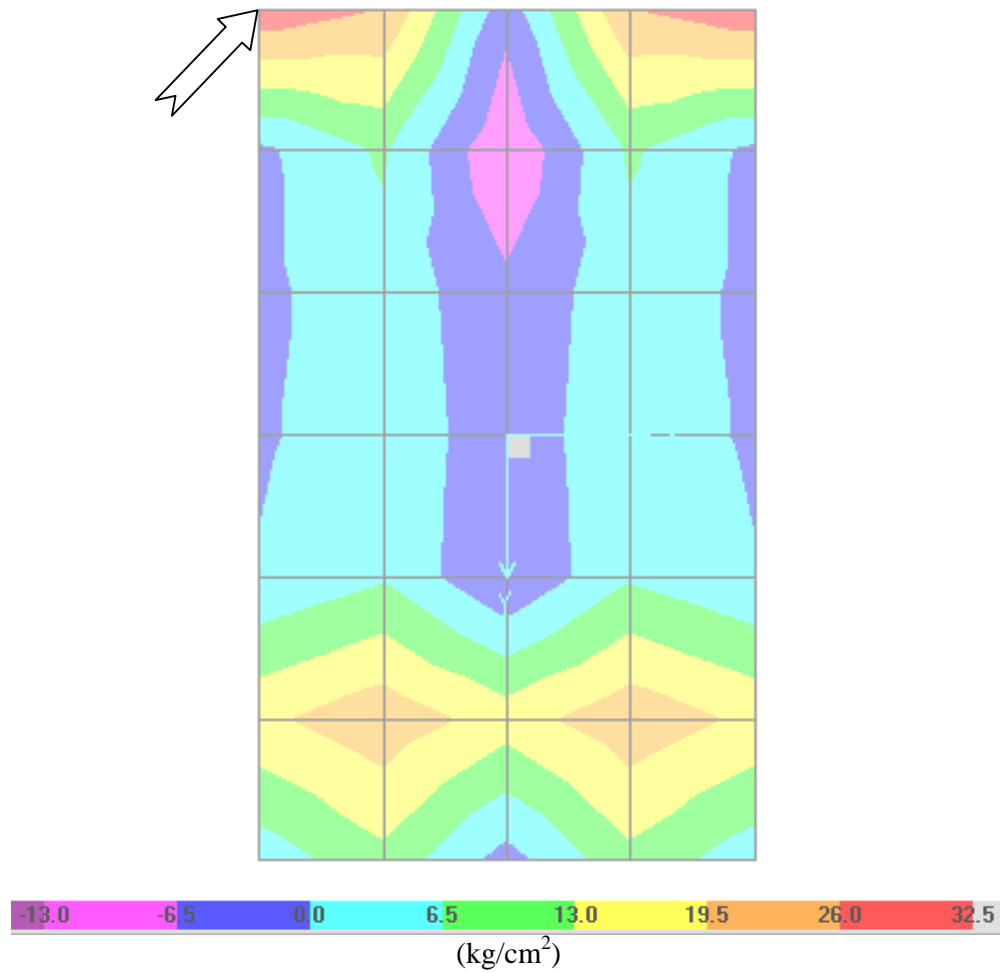
Pilih menu View, Set 3D View. Pada kotak Set 3D View, masukkan data :

- ☐ Plan : 270
- ☐ Elevation : 270

Tebal pelat dicoba-coba sedemikian rupa sehingga tegangan maksimum bernilai kurang dari atau sama dengan 75% MR =  $0,75 * 40,4 = 30,3 \text{ kg/cm}^2$ .

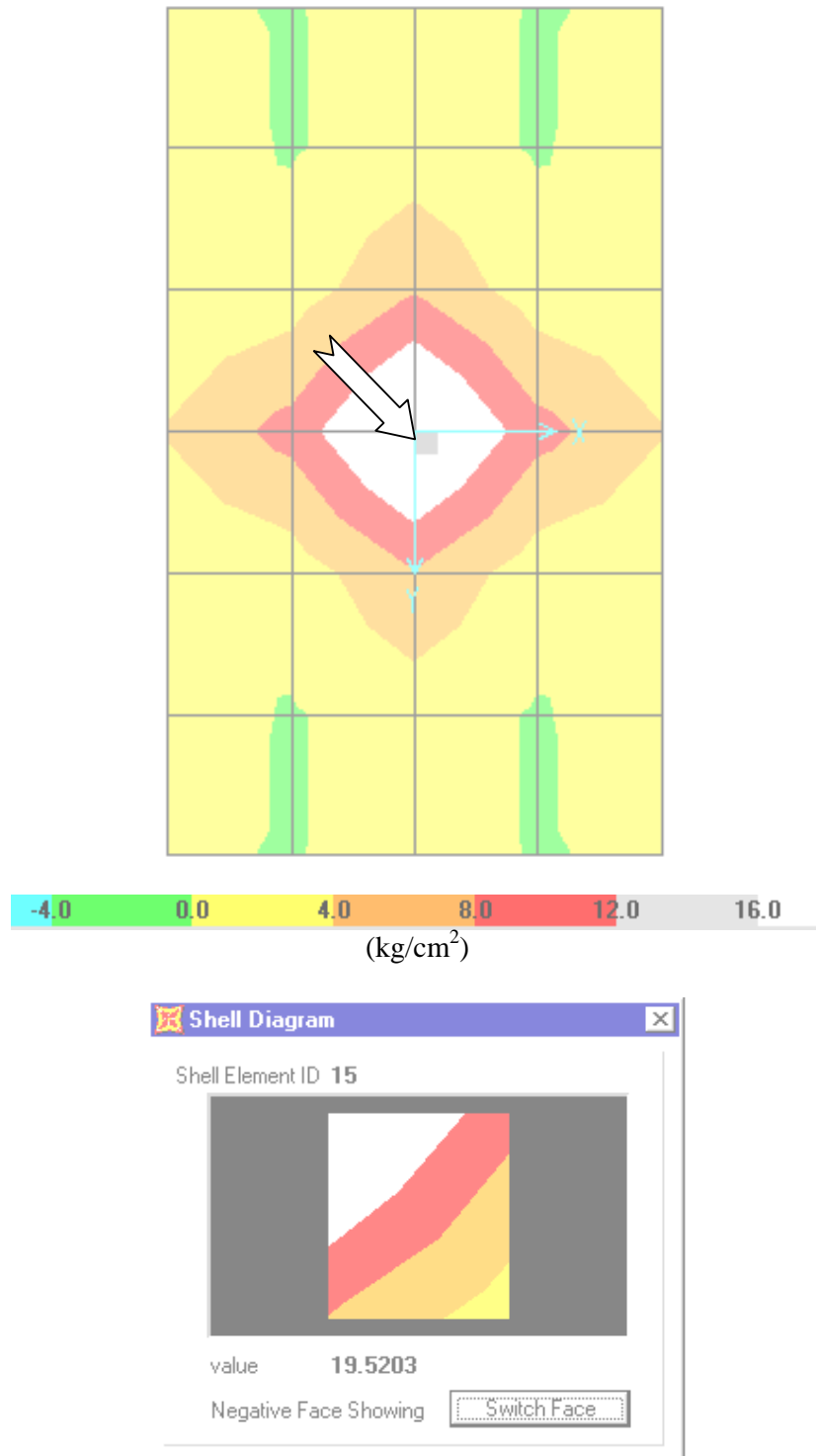
Dari hasil coba-coba ketebalan pelat, diperoleh ketebalan pelat = 16 cm memenuhi persyaratan kekuatan untuk kedua kondisi pembebanan dengan nilai tegangan maksimum =  $30,1940 \text{ kg/cm}^2$  (Gambar 5.8) dan penurunan maksimum = 0,10574 cm (Gambar 5.10) pada kondisi pembebanan 4 beban T = 10 ton.





**Gambar 5.8.** Kontur Tegangan Permukaan Bawah Pelat Beton Normal Akibat Empat Beban  $T = 10$  ton

## LAPORAN TUGAS AKHIR

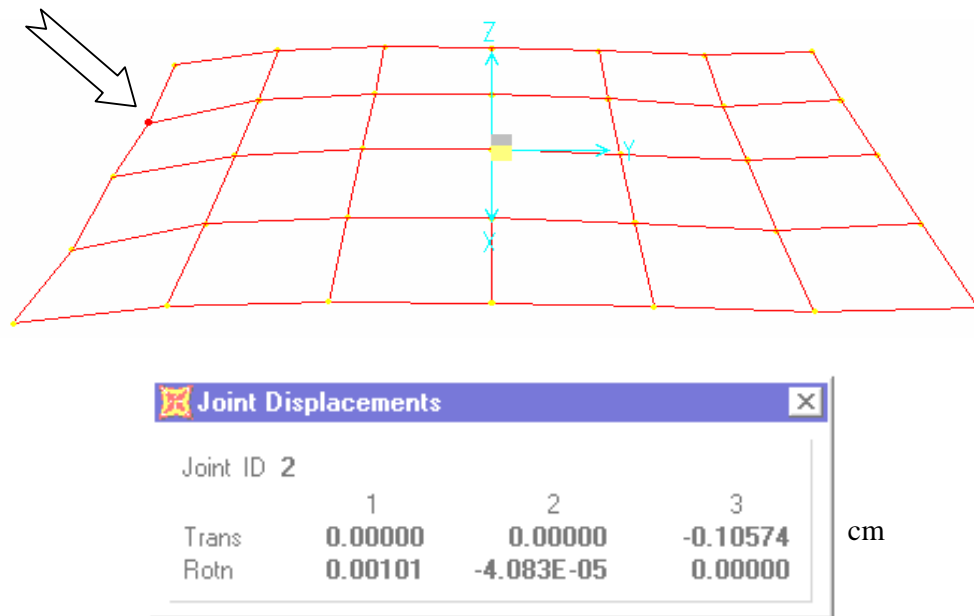


**Gambar 5.9.** Kontur Tegangan Permukaan Bawah Pelat Beton Normal Akibat Beban  $T = 10$  ton di Tengah Pelat

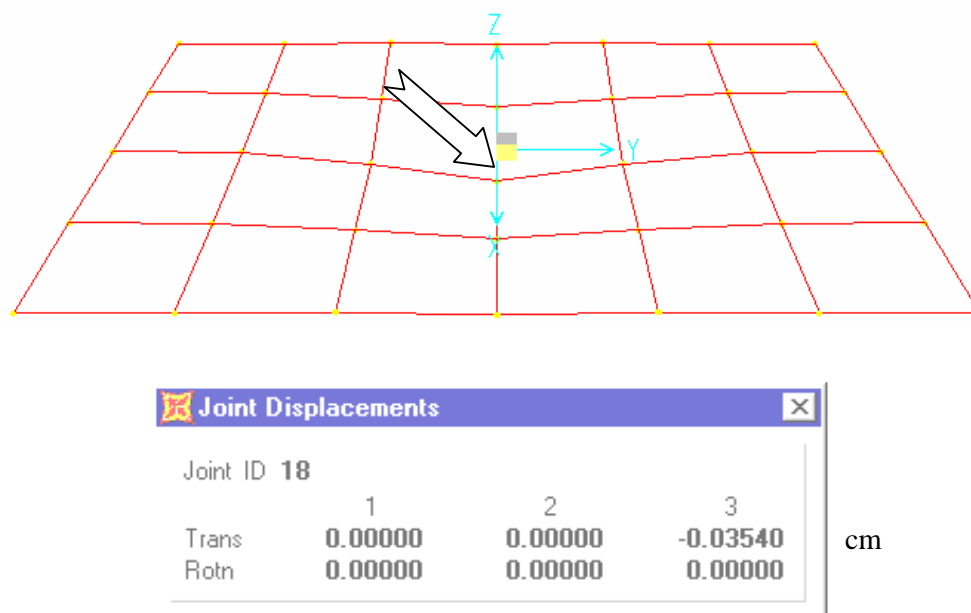
#### LAPORAN TUGAS AKHIR

MUHAMMAD NUR AZIZ (L2A001106)  
NURHAYATI JUNAEDI (L2A001114)

ANALISIS PENAMBAHAN SERAT POLYPROPYLENE  
PADA RIGID PAVEMENT



**Gambar 5.10.** Penurunan Maksimum Pelat Beton Normal Akibat Empat Beban  $T = 10$  ton



**Gambar 5.11.** Penurunan Maksimum Pelat Beton Normal Akibat Beban  $T = 10$  ton di Tengah Pelat

## LAPORAN TUGAS AKHIR

### 5.3.3.2. Beton Serat

Untuk beton serat, langkah penyelesaiannya serupa dengan beton normal, hanya berbeda pada langkah nomor 4, yaitu :

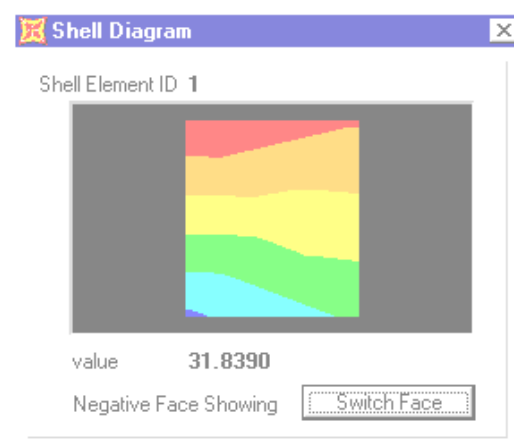
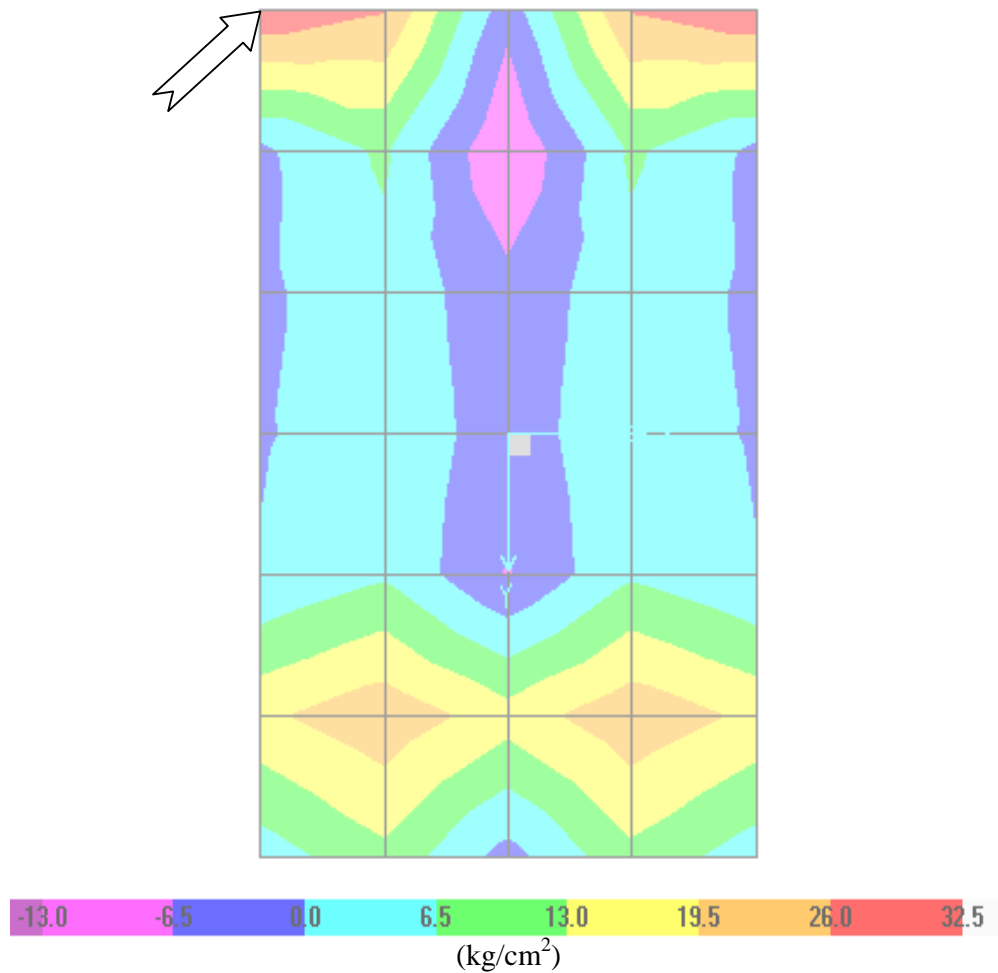
Pilih menu Define, Material (CONC), klik Modify / Show Material. Pada kotak Material Property Data, masukkan data:

- ☐ Weight per Unit Volume : 2.45E-3
- ☐ Modulus of Elasticity : 310538,826
- ☐ Poisson's Ratio : 0.2
- ☐ Concrete Strength : 436,552

Klik OK.

Tebal pelat dicoba-coba sedemikian rupa sehingga tegangan maksimum bernilai kurang dari atau sama dengan 75% MR =  $0,75 * 42,4 = 31,8 \text{ kg/cm}^2$ .

Dari hasil coba-coba ketebalan pelat, diperoleh ketebalan pelat = 15,5 cm memenuhi persyaratan kekuatan untuk kedua kondisi pembebanan dengan nilai tegangan maksimum =  $31,8390 \text{ kg/cm}^2$  (Gambar 5.12) dan penurunan maksimum = 0,10871 cm (Gambar 5.14) pada kondisi pembebanan 4 beban T = 10 ton.

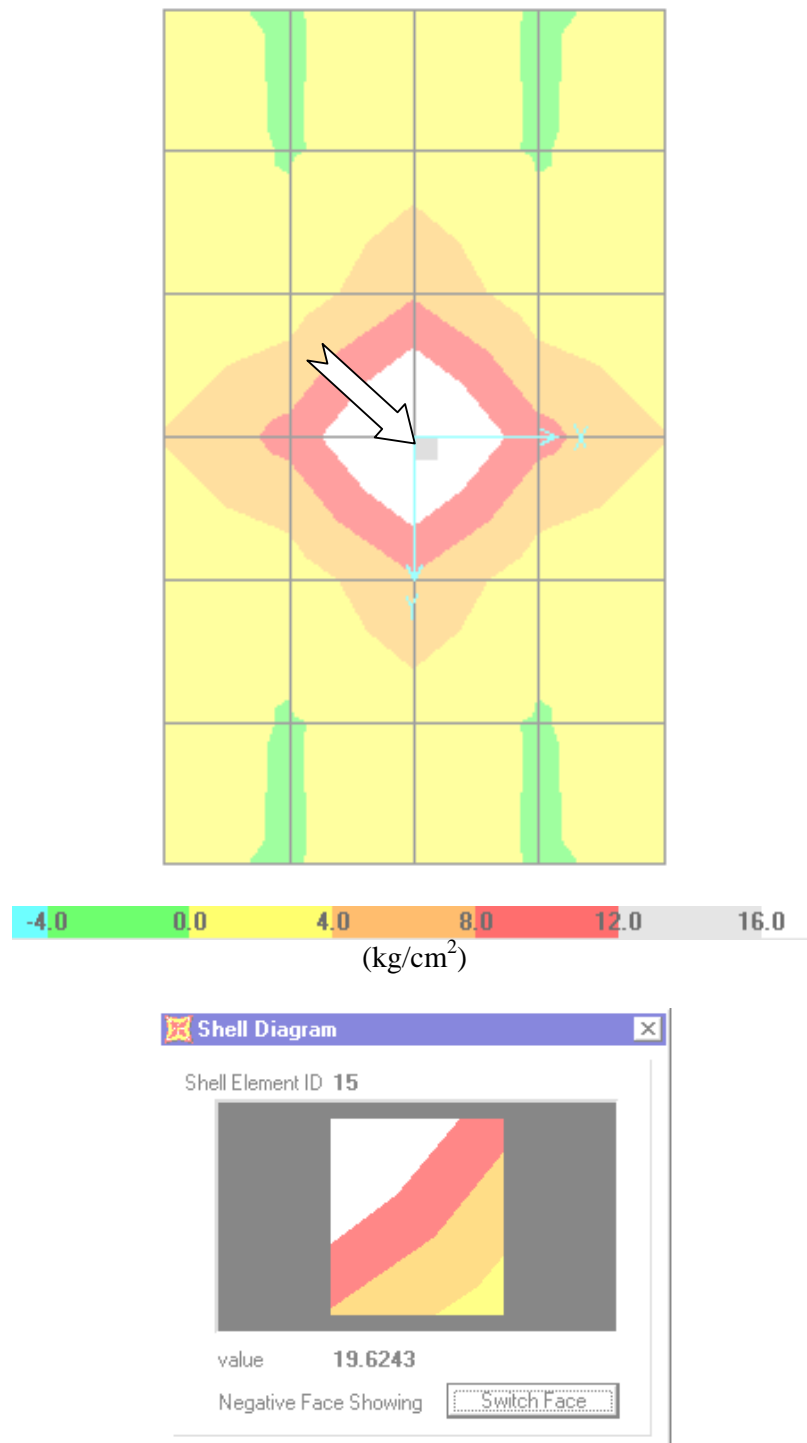


**Gambar 5.12.** Kontur Tegangan Permukaan Bawah Pelat Beton Serat Akibat Empat Beban  $T = 10$  ton

## LAPORAN TUGAS AKHIR

MUHAMMAD NUR AZIZ (L2A001106)  
NURHAYATI JUNAEDI (L2A001114)

ANALISIS PENAMBAHAN SERAT POLYPROPYLENE  
PADA RIGID PAVEMENT

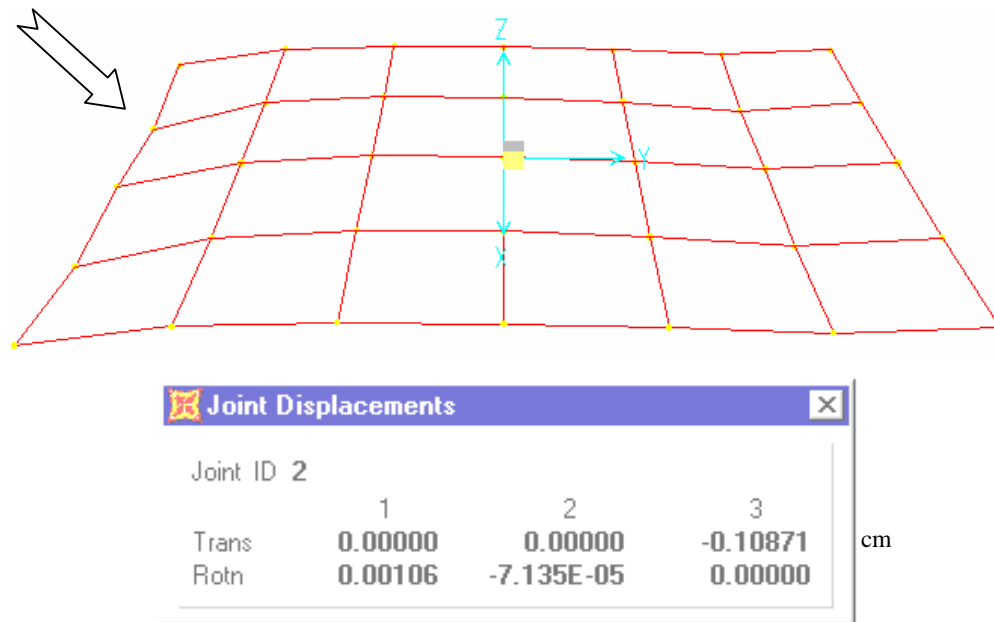


**Gambar 5.13.** Kontur Tegangan Permukaan Bawah Pelat Beton Serat Akibat Beban  $T = 10$  ton di Tengah Pelat

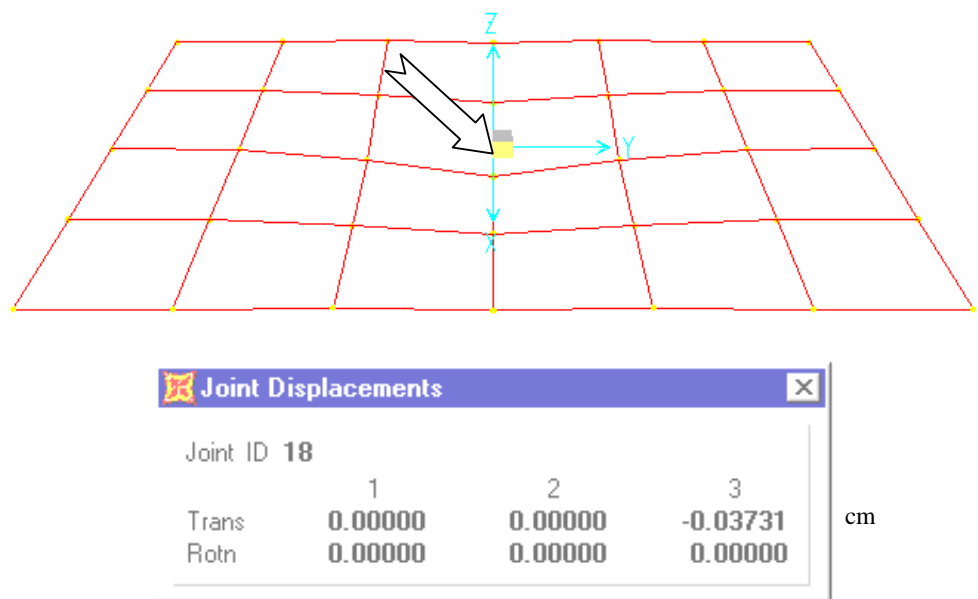
#### LAPORAN TUGAS AKHIR

MUHAMMAD NUR AZIZ (L2A001106)  
NURHAYATI JUNAEDI (L2A001114)

ANALISIS PENAMBAHAN SERAT POLYPROPYLENE  
PADA RIGID PAVEMENT



**Gambar 5.14.** Penurunan Maksimum Pelat Beton Serat Akibat Empat Beban  $T = 10$  ton



**Gambar 5.15.** Penurunan Maksimum Pelat Beton Serat Akibat Beban  $T = 10$  ton di Tengah Pelat

## LAPORAN TUGAS AKHIR

Diperoleh bahwa pelat beton serat dengan kekuatan yang sedikit lebih besar daripada pelat beton normal (4,95%) memerlukan ketebalan yang sedikit lebih kecil (2,5%) baik dengan metode dari Petunjuk Perencanaan Perkerasan Kaku dari DPU maupun dengan menggunakan program komputer yaitu 16 cm untuk beton normal dan 15,5 cm untuk beton serat.

#### 5.4. Perencanaan Tulangan

Direncanakan menggunakan jenis perkerasan kaku bersambung dengan tulangan (*jointed reinforced concrete pavement*).

##### 5.4.1. Pelat Beton Normal

Dimensi pelat :

- Tebal Pelat = 16 cm
- Lebar Pelat = 3,5 m
- Panjang Pelat = 6 m

##### ➤ Tulangan Memanjang

$$A_s = \frac{1200 \times F \times L \times h}{f_s}$$

Dimana :

$A_s$  = Luas tulangan yang dibutuhkan ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )

$F$  = Koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi stabilisasi semen = 1,8

$L$  = Panjang pelat = 6 m

$h$  = Tebal pelat yang ditinjau = 0,16 m

$f_s$  = Tegangan tarik baja, digunakan baja U39 ( $\sigma = 3390 \text{ kg/cm}^2$ )

Sehingga :

$$A_s = \frac{1200 \times 1,8 \times 6 \times 0,16}{3390} = 0,6117 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= 0,1 \times h \times 100 \\ &= 0,1 \times 0,16 \times 100 = 1,6 \text{ cm}^2/\text{m}' \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D13 – 500 dengan  $A_s$  terpasang =  $2,65 \text{ cm}^2/\text{m}'$

#### LAPORAN TUGAS AKHIR



## ➤ Tulangan Melintang

$$A_s = \frac{1200 \times F \times L \times h}{f_s}$$

Dimana :

$A_s$  = Luas tulangan yang dibutuhkan ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )

$F$  = Koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi  
stabilisasi semen = 1,8

$L$  = Lebar pelat = 3,5 m

$h$  = Tebal pelat yang ditinjau = 0,20 m

$f_s$  = Tegangan tarik baja, digunakan baja U39  
( $\sigma = 3390 \text{ kg/cm}^2$ )

Sehingga :

$$A_s = \frac{1200 \times 1,8 \times 3,5 \times 0,16}{3390} = 0,3568 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= 0,1 \times h \times 100 \\ &= 0,1 \times 0,16 \times 100 = 1,6 \text{ cm}^2/\text{m}' \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D13 – 500 dengan  $A_s$  terpasang =  $2,65 \text{ cm}^2/\text{m}'$

**5.4.2. Pelat Beton Serat**

Dimensi pelat :

□ Tebal Pelat = 15,5 cm

□ Lebar Pelat = 3,5 m

□ Panjang Pelat = 6 m

## ➤ Tulangan Memanjang

$$A_s = \frac{1200 \times F \times L \times h}{f_s}$$

Dimana :

$A_s$  = Luas tulangan yang dibutuhkan ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )

$F$  = Koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi  
stabilisasi semen = 1,8

$L$  = Panjang pelat = 6 m

$h$  = Tebal pelat yang ditinjau = 0,155 m

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

$f_s$  = Tegangan tarik baja, digunakan baja U39  
 $(\sigma = 3390 \text{ kg/cm}^2)$

Sehingga :

$$A_s = \frac{1200 \times 1,8 \times 6 \times 0,155}{3390} = 0,5926 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= 0,1 \times h \times 100 \\ &= 0,1 \times 0,155 \times 100 = 1,55 \text{ cm}^2/\text{m}' \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D13 – 500 dengan  $A_s$  terpasang =  $2,65 \text{ cm}^2/\text{m}'$

➤ Tulangan Melintang

$$A_s = \frac{1200 \times F \times L \times h}{f_s}$$

Dimana :

$A_s$  = Luas tulangan yang dibutuhkan ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )

$F$  = Koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi  
 stabilisasi semen = 1,8

$L$  = Lebar pelat = 3,5 m

$h$  = Tebal pelat yang ditinjau = 0,155 m

$f_s$  = Tegangan tarik baja, digunakan baja U39  
 $(\sigma = 3390 \text{ kg/cm}^2)$

Sehingga :

$$A_s = \frac{1200 \times 1,8 \times 3,5 \times 0,155}{3390} = 0,3457 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= 0,1 \times h \times 100 \\ &= 0,1 \times 0,155 \times 100 = 1,55 \text{ cm}^2/\text{m}' \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D13 – 500 dengan  $A_s$  terpasang =  $2,65 \text{ cm}^2/\text{m}'$

**Tabel 5.9.** Tebal Pelat Beton Normal, Iterasi I :  $t = 150$  mm

Konfigurasi Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Rencana FK = 1,1	Repetisi Beban	Tegangan yang Terjadi (Mpa)	Perbandingan Tegangan	Jumlah Repetisi Beban yang Diizinkan	Persentase Fatigue (%)
STRT	3	3,3	1,13E+06	-	-		
STRT	4	4,4	4,53E+06	1,83	0,45		
STRT	5	5,5	7,45E+06	2,10	0,52	300000	2484,60
STRG	5	5,5	1,22E+06	-	-		
STRT	6	6,6	1,26E+05	2,40	0,59	42000	300,13
STRG	6	6,6	4,59E+06	1,74	0,43		
STRG	7	7,7	4,08E+01	2,00	0,50		
STRG	8	8,8	7,45E+06	2,20	0,54	180000	4140,99
SGRG	14	15,4	1,21E+05	2,10	0,52	300000	40,44
						Jumlah	6966,16

Jumlah persentase fatigue 6966,16% >>> 100% , tebal perlu ditambah.

**Tabel 5.10.** Tebal Pelat Beton Normal, Iterasi II :  $t = 155$  mm

Konfigurasi Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Rencana FK = 1,1	Repetisi Beban	Tegangan yang Terjadi (Mpa)	Perbandingan Tegangan	Jumlah Repetisi Beban yang Diizinkan	Persentase Fatigue (%)
STRT	3	3,3	1,13E+06	-	-	-	
STRT	4	4,4	4,53E+06	1,72	0,43	-	
STRT	5	5,5	7,45E+06	2,00	0,50	-	
STRG	5	5,5	1,22E+06	-	-	-	
STRT	6	6,6	1,26E+05	2,28	0,56	100000	126,06
STRG	6	6,6	4,59E+06	1,67	0,41	-	
STRG	7	7,7	4,08E+01	1,90	0,47	-	
STRG	8	8,8	7,45E+06	2,10	0,52	300000	2484,60
SGRG	14	15,4	1,21E+05	2,01	0,50	-	
						Jumlah	2610,65

Jumlah persentase fatigue 2610,65% >>> 100% , tebal perlu ditambah.

**Tabel 5.11.** Tebal Pelat Beton Normal, Iterasi III :  $t = 160$  mm

Konfigurasi Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Rencana FK = 1,1	Repetisi Beban	Tegangan yang Terjadi (Mpa)	Perbandingan Tegangan	Jumlah Repetisi Beban yang Diizinkan	Persentase Fatigue (%)
STRT	3	3,3	1,13E+06	-	-	-	
STRT	4	4,4	4,53E+06	1,63	0,40	-	
STRT	5	5,5	7,45E+06	1,89	0,47	-	
STRG	5	5,5	1,22E+06	-	-	-	
STRT	6	6,6	1,26E+05	2,15	0,53	240000	52,52
STRG	6	6,6	4,59E+06	1,59	0,39	-	
STRG	7	7,7	4,08E+01	1,82	0,45	-	
STRG	8	8,8	7,45E+06	2,00	0,50	-	
SGRG	14	15,4	1,21E+05	1,93	0,48	-	
Jumlah							52,52

Jumlah persentase fatigue 52,52% < 100%, tebal memadai

**Tabel 5.12.** Tebal Pelat Beton Serat, Iterasi I :  $t = 150$  mm

Konfigurasi Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Rencana FK = 1,1	Repetisi Beban	Tegangan yang Terjadi (Mpa)	Perbandingan Tegangan	Jumlah Repetisi Beban yang Diizinkan	Persentase Fatigue (%)
STRT	3	3,3	1,13E+06	-	-	-	
STRT	4	4,4	4,53E+06	1,83	-	-	
STRT	5	5,5	7,45E+06	2,10	0,50	-	
STRG	5	5,5	1,22E+06	-	-	-	
STRT	6	6,6	1,26E+05	2,40	0,57	75000	168,07
STRG	6	6,6	4,59E+06	1,74	0,41	-	
STRG	7	7,7	4,08E+01	2,00	0,47	-	
STRG	8	8,8	7,45E+06	2,20	0,52	300000	2484,60
SGRG	14	15,4	1,21E+05	2,10	0,50	-	
						Jumlah	2652,67

Jumlah persentase fatigue 2652,67% >>> 100% , tebal perlu ditambah.

**Tabel 5.13.** Tebal Pelat Beton Serat, Iterasi II :  $t = 155 \text{ mm}$ 

Konfigurasi Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Rencana FK = 1,1	Repetisi Beban	Tegangan yang Terjadi (Mpa)	Perbandingan Tegangan	Jumlah Repetisi Beban yang Diizinkan	Persentase Fatigue (%)
STRT	3	3,3	1,13E+06	-	-	-	
STRT	4	4,4	4,53E+06	1,72	0,41	-	
STRT	5	5,5	7,45E+06	2,00	0,47	-	
STRG	5	5,5	1,22E+06	-	-	-	
STRT	6	6,6	1,26E+05	2,28	0,54	180000	70,03
STRG	6	6,6	4,59E+06	1,67	0,39	-	
STRG	7	7,7	4,08E+01	1,90	0,45	-	
STRG	8	8,8	7,45E+06	2,10	0,50	-	
SGRG	14	15,4	1,21E+05	2,01	0,47	-	
Jumlah							70,03

Jumlah persentase fatigue  $70,03\% < 100\%$ , tebal memadai

**Tabel 5.3.** Perhitungan LHR Ruas Jalan Godong-Purwodadi

No	Tahun		Jenis / Golongan Kendaraan												Total volume 1 s/d 7c	VJP  (kend/jam)	Faktor emp	LHR  (smp/hari)
			1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8				
1	1999	vol (kend/hari)	3739	1038	844	1031	121	400	99	66	21	13	13	1980	7385	812,350	1,120	8269,281
		emp	0,896	1,000	1,000	1,000	1,793	1,796	1,000	2,696	2,696	2,696	2,696					
		vol (smp/hari)	3348	1038	844	1031	217	718	99	178	57	35	35	0				
		%	44,06	13,66	11,11	13,57	2,86	9,45	1,30	2,34	0,74	0,46	0,46					
2	2001	vol (kend/hari)	3930	1091	887	1084	127	420	104	69	22	14	14	2081	7762	853,820	1,111	8623,878
		emp	0,880	1,000	1,000	1,000	1,771	1,780	1,000	2,680	2,680	2,680	2,680					
		vol (smp/hari)	3460	1091	887	1084	225	748	104	185	59	37,5	37,5	0				
		%	43,70	13,78	11,20	13,69	2,84	9,44	1,31	2,34	0,74	0,47	0,47					
3	2002	vol (kend/hari)	4675	1716	1100	856	483	368	1090	1090	255	0	0	1326	11633	1279,630	1,390	16167,833
		emp	0,73	1	1	1	1,54	1,63	1	2,53	2,53	2,53	2,53					
		vol (smp/hari)	3392	1716	1100	856	743	598	1090	2753	644	0	0	0				
		%	26,31	13,31	8,53	6,64	5,76	4,64	8,45	21,35	5,00	0,00	0,00					
4	2005	vol (kend/hari)	1763	2019	1403	735	951	1082	2164	2776	334	5	14	2388	13245	1456,947	1,705	22576,471
		emp	0,66	1	1	1	1,46	1,58	1	2,5	2,5	2,5	2,5					
		vol (smp/hari)	1166	2019	1403	735	1390	1711	2164	6939	834	11	34	0				
		%	6,33	10,97	7,62	3,99	7,55	9,30	11,76	37,70	4,53	0,06	0,19					

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

MUHAMMAD NUR AZIZ (L2A001106)  
NURHAYATI JUNAEDI (L2A001114)

ANALISIS PENAMBAHAN SERAT *POLYPROPYLENE*  
PADA RIGID PAVEMENT